

Таблица 2

Зависимость температуры газа на выходе из отверстия от его диаметра и скорости подачи газового потока

| | | Скорость газа, м/с | | |
|-----------------------|-------------|--------------------|---------|---------|
| | | V=0,5 | V=1 | V=2,5 |
| Диаметр перфорации, м | при d=0,005 | 282,608 | 282,608 | 282,608 |
| | при d=0,01 | 282,62 | 282,62 | 282,62 |
| | при d=0,025 | 282,625 | 282,625 | 282,625 |

Из табл. 2 видно, что при принятых условиях теплообмена изменение скорости газа не влияет на конечную температуру газа после его прохождения через отверстия. Так же были проведены исследования по влиянию диаметра отверстия на суммарный тепловой поток к газу и на температуру последнего. Получено, что с увеличением диаметра перфорации полный тепловой поток увеличивается, и, соответственно, увеличивается температура газа на выходе. При этом при увеличении значения диаметра в 2 раза, температура азота на выходе, соответственно, возрастет несущественно, в более чем 2 раза.

Таким образом, актуальной остается задача исследования теплотехнического принципа регенерации теплоты теряющейся теплопроводностью через ограждение с помощью продуваемого теплоносителя.

Список использованных источников

1. Теплотехнический справочник. Общие вопросы : Справочник / под общ. ред. чл.-корр. АН СССР В. А. Григорьева, В. М. Зорина. 2-е изд., перераб. М. : Энергоатомиздат, 1988. 560 с.
2. Исаченко В. П. Теплопередача. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Энергия, 1975. 488 с.

УДК 624.9

Климарев В. А., Дмитриевский В. А., Деулин В. А.,
Практ В. А., Соколов И. В., Аскеров Д. Р.
Уральский федеральный университет
Klimarev-va@mail.ru

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМИСТОРОВ

Аннотация. В работе представлено описание способа измерения температуры помощью термисторов и АЦП, а также приведены примеры измерений. Описанный контрольно-измерительный комплекс может применяться для мониторинга состояния оборудования, а также в системах энерго- и ресурсообеспечения.

В промышленности и при научных исследованиях может возникать необходимость в измерении температуры различных частей оборудования и установок. Определение температурного режима может быть актуально при опытно-конструкторских, пуско-наладочных работах, а также во время поиска неисправностей, дефектов, при проведении диагностики и ремонтов различных

устройств. В частности, информация о динамике изменения теплового состояния агрегата может являться опытной проверкой теплового расчета и может служить основой для его уточнения и оптимизации с целью повышения энергоэффективности. В ходе опытно-конструкторских работ по созданию электродвигателя для ручного электроинструмента возникла необходимость изучения теплового режима работы присутствующих на рынке решений.

Существуют контактные и бесконтактные способы измерения температуры. Бесконтактные методы, такие как радиометрия, тепловидение и пирометрия требуют дорогостоящего оборудования и не позволяют измерять температуры внутренних частей агрегата, при этом имеют как правило высокую точность и возможность фиксации всего теплового поля поверхности объекта. К контактными, можно отнести волюметрические и dilatометрические методы, в основе которых лежат измерения объема жидкости или формы специального материала. Такие приборы зачастую не обладают возможностью автоматически оцифровывать полученные данные. Контактными методами являются так же методы термопары и термосопротивлений [1].

Для измерения было решено применить контактный метод и использовать термисторы – резисторы, которые изменяют своё сопротивление в зависимости от температуры. Термисторы малы, надежны и недороги, имеют широкий диапазон рабочих температур. Были использованы высокочувствительные термисторы типа JSR223J5SB с точностью $\pm 5\%$ производства Dongguan Joyin Electronics Co. Выбранные термисторы относятся к типу NTC (Negative Temperature Coefficient), то есть имеют отрицательный температурный коэффициент сопротивления: при увеличении температуры их сопротивление снижается [2]. Зависимость температуры от сопротивления выражается формулой [3].

$$R1 = R2 * \exp B \left(\frac{1}{T1} - \frac{1}{T2} \right), \quad (1)$$

где $R1$ и $R2$ – значения сопротивлений при температурах соответственно $T1$ и $T2$, выраженных в Кельвинах;

B – коэффициент температурной чувствительности, который характеризует степень изменения сопротивления в зависимости от температуры.

Тогда температура вычисляется по формуле

$$T1 = 1 / \left(\frac{\ln(R1) - \ln(R2)}{B} + \frac{1}{T2} \right). \quad (2)$$

В паспортных данных на термистор указано его сопротивление $R_1 = 22000$ Ом при температуре $T_1 = 20$ С и коэффициент $B = 4260$. Таким образом удалось установить зависимость между сопротивлением термистора от его сопротивления. Графически эту зависимость можно увидеть на рис. 1.

Для регистрации показаний термистора и передачи на ПК использовалась АЦП USB-3000, в составе которой имеется стабилизированный источник напряжения +6 В. Поскольку АЦП записывает напряжение, приложенное к ее аналоговым входам, был собран делитель напряжения по схеме на рис. 2, где R – сопротивление прецизионного сопротивления, $R_{нз}$ – сопротивление термистора, U – напряжение питания, берется с АЦП (+6 В), $U_{изм}$ – измеряемое напряжение, $U_{терм}$ – напряжение на термисторе.

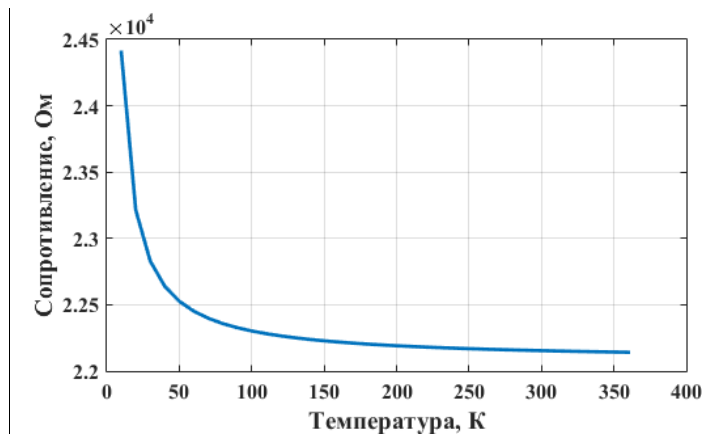


Рис. 1. Зависимость сопротивления термистора от температуры

Измеряется напряжение именно на прецизионном сопротивлении, поскольку оно не контактирует с измеряемым объектом, а термистор может помещаться внутрь установки.

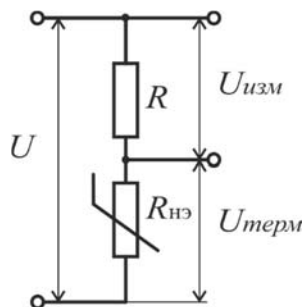


Рис. 2. Схема делителя

Для термистора известна характеристика зависимости сопротивления от температуры, поэтому необходимо из известных значений напряжений и сопротивления. Это можно вычислить по формуле:

$$\frac{R}{R_{\text{ТЭ}}} = \frac{U_{\text{изм}}}{U_{\text{терм}}} = \frac{U_{\text{изм}}}{U - U_{\text{изм}}} \rightarrow R_{\text{ТЭ}} = \frac{(U - U_{\text{изм}}) \cdot R}{U_{\text{изм}}}, \quad (3)$$

где $R=10000$ Ом – сопротивление прецизионного резистора, $U=6$ В – напряжение питания.

Таким образом, используя формулы (2) и (3) можно пересчитать измеренное АЦП значение напряжения в температуру. Можно использовать несколько термисторов для регистрации температуры отдельных частей оборудования. Полученные массивы экспортируются в среду MatLAB 8.0, которая позволяет производить обработку и анализ. Пример опытных данных представлен на рис. 3. Измерения проводились для угловой шлифовальной машины Е-256 А производства ОАО «ИМЗ». Фиксировалась температура поверхностей статора двигателя, температуры редуктора и температура радиатора симистора питающей инструмент электроники.

Видна динамика прогрева измеряемых элементов. В момент времени $t = 520$ с электроинструмент был выключен из сети, ротор двигателя перестал вращаться, поэтому прекратился естественный обдув и охлаждение. Поскольку

тепловые процессы имеют высокую инерционность, на графиках заметно повышение температуры. По нему можно косвенно судить, на сколько градусов вращающийся вентилятор охлаждает тот или иной элемент оборудования.

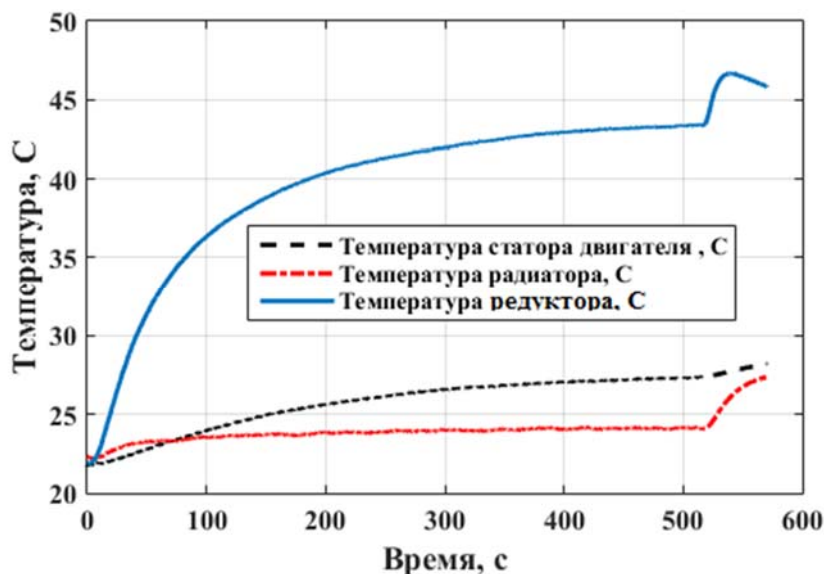


Рис. 3. Экспериментальные данные

Таким образом представлен простой и дешевый способ проводить измерения температуры оборудования используя термисторы и АЦП.

Список использованных источников

1. Козлов М. Г. Метрология и стандартизация: учебник / М. Г. Козлов. М.-СПб.: Петербургский ин-т печати, 2001. 372 с.
2. Пасынков В. В. Полупроводниковые приборы: учеб. для вузов по спец. «Полупроводники и диэлектрики» и «Полупроводниковые и микроэлектронные приборы» 4-е изд., М.: Высш. шк., 1987. 479 с.
3. Характеристики термисторов [Электронный ресурс]. URL: http://www.joyin.com.tw/lan_en/products (дата обращения 15.11.2015).

УДК 624.9

Климарев В. А., Дмитриевский В. А., Прахт В. А.,
 Деулин В. А., Соколов И. В., Аскеров Д. Р., Трегубов П. В.
 Уральский федеральный университет
 Klimarev-va@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ

Аннотация. В работе представлены результаты исследования влияния электроэрозионной обработки на магнитные свойства электротехнической стали, используемой для изготовления энергоэффективных электрических машин; описана постановка эксперимента, проведен анализ полученных результатов.

© Климарев В. А., Дмитриевский В. А., Прахт В. А.,
 Деулин В. А., Соколов И. В., Аскеров Д. Р., Трегубов П. В., 2015